

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. September 2005 (01.09.2005)

PCT

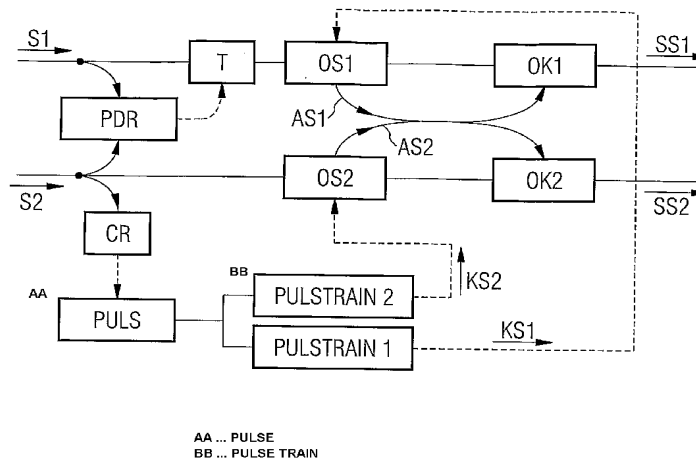
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/081572 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04Q 11/00**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/050824
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
25. Februar 2005 (25.02.2005)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 009 139.0  
25. Februar 2004 (25.02.2004) DE  
10 2004 009 137.4  
25. Februar 2004 (25.02.2004) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LEHMANN, Got-  
tfried** [DE/DE]; Industriering 2, 85238 Petershausen  
(DE). **ROHDE, Harald** [DE/DE]; Welfenstr. 35, 81541  
München (DE). **SCHAIRER, Wolfgang** [DE/DE]; Elisa-  
bethstr. 106, 85716 Unterschleißheim (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CROSS-CONNECTOR FOR OPTICAL SIGNALS IN TIME-DIVISION MULTIPLEX TECHNOLOGY

(54) Bezeichnung: CROSS-CONNECTOR FÜR OPTISCHE SIGNALE IN ZEITMULTIPLEX-TECHNIK



(57) **Abstract:** The invention relates to a cross-connector for optical time-division multiplexed signals, whose channels are switched by means of optical control pulses. One of the optical time-division multiplexed signals is fed to a respective optical switch that has an optical combiner connected downstream of said switch. A first number of channels that branch from a first optical time-division multiplexed signal is fed to a second optical combiner at a first optical switch. Likewise a second number of channels that branch from a second optical signal is fed to the first optical combiner at a second optical switch. A switching operation of this type for the simultaneous supply of the two branched channel groups to the two optical combiners is actuated by means of high bit-rate control signals, which are fed to the optical switches. The optical control signals control the branching or addition of individual time-division multiplexed signals.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Cross-Connector für optische Zeitmultiplex-Signale, deren zeitmultiplexierte Kanäle mit optischen Kontrollpulsen geschaltet werden. Eines der optischen Zeitmultiplex-Signale wird jeweils einem optischen Schalter mit einem nachgeschalteten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/081572 A2



AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

optischen Kombinierer zugeführt. An einem ersten optischen Schalter wird eine erste Anzahl von aus einem ersten optischen Zeitmultiplex-Signal abgezwigten Kanälen einem zweiten optischen Kombinierer zugeführt. Ebenfalls wird an einem zweiten optischen Schalter eine zweite Anzahl von aus einem zweiten optischen Signal abgezwigten Kanälen dem ersten optischen Kombinierer zugeführt. Eine derartige Schaltung zur gleichzeitigen Zuführung der beiden abgezwigten Kanalgruppen in beide optische Kombinierer wird mittels hochbitratiger Kontrollsignale betätigt, die den optischen Schaltern zugeführt sind. Die optischen Kontrollsignale steuern mittels einer Vorrichtung zur Erzeugung von Pulssequenzen das Abzweigen bzw. Hinzufügen einzelner Zeitmultiplex-Signale.

## Beschreibung

Cross-Connector für optische Signale in Zeitmultiplex-Technik

- 5 Die Erfindung betrifft einen Cross-Connector für optische Signale nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

In einem Netzwerk mit optischen Zeitmultiplex-Signalen oder so genannten OTDM-Signalen (OTDM = optical time division multiplex)  
10 werden Daten eines Zeitmultiplex-Signals bei hoher Datenrate G (z.B.  $G = 160 \text{ GBit/s}$ ) aus Datenkanälen niedriger Datenrate - d.h. mit einer Grunddatenrate  $F = G/M$ , wobei M ganzzahlig ist, z.B.  $M = 16$ ,  $F = 10 \text{ GBit/s}$  - mit Hilfe optischer Methoden zusammenmultiplext. Ein derartiges Zeitmultiplex-Signal mit hoher  
15 Datenrate G kann maximal aus einer Gesamtzahl von  $M = G/F$  Kanälen zusammengesetzt sein.

In jedem Netzwerk ist es erforderlich, Cross-Connectoren zur Schaltung von Zeitmultiplex-Signalen oder deren Kanäle zu  
20 realisieren. Meistens werden die Kanäle der Zeitmultiplex-Signale in eine Einrichtung mit einer Anzahl von z.B.  $M=16$  Demultiplexern eingespeist, neu geschaltet und mittels einer weiteren Multiplex-Einrichtung in ein neues Zeitmultiplex-Signal weitergeleitet. Dies erfordert viel Aufwand sowie  
25 hohe Kosten. Zudem verschlechtert sich dadurch das Signal-Rauschleistungs-Verhältnis stark.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Cross-Connector für optische Signale anzugeben, der eine einfache rein-optische Schaltung von  
30 Daten in Kanälen aus Zeitmultiplex-Signalen ermöglicht.

Eine Lösung der Aufgabe erfolgt durch einen Cross-Connector mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

35 In der vorliegenden Erfindung wird zur Erleichterung des Lesens über "Schaltung, Durchlassung, Zeitverzögerung, Zuordnung, etc von Kanälen" die Rede sein. Es wird in solchen Fällen gemeint,

dass übertragene Daten z. B. von einem Kanal zu einem anderen Kanal geschaltet oder Daten über einen Kanal durchgelassen, etc werden. Dabei ist ein Wechsel zwischen Granularitäten z. B. durch Konversion aus Zeitmultiplex- in Wellenlängenmultiplex-Signale  
5 nicht vorgesehen.

Ausgehend vom einem Cross-Connector für N optische Signale, der N Eingänge und P Ausgänge ( $N > 1$ ,  $P > 1$ ) aufweist, wobei die N optischen Signale als mehrere Kanäle aufweisende Zeitmultiplex-Signale vorgesehen sind, ist zur erfindungsgemäßen  
10 Schaltung von Kanälen aus z. B. zwei der Zeitmultiplex-Signale ein optisches Zeitmultiplex-Signal jeweils zu einem optischen Schalter mit einem nachgeschalteten optischen Kombinierer zugeführt. An dem ersten optischen Schalter ist eine erste Anzahl  
15 von aus dem ersten optischen Signal abgezweigten Kanälen zu dem zweiten optischen Kombinierer geführt. Ebenfalls ist an dem zweiten optischen Schalter eine zweite Anzahl von aus dem zweiten optischen Signal abgezweigten Kanälen zu dem ersten optischen Kombinierer geführt. Eine derartige Schaltung wird mittels  
20 optischer Kontrollsignale, die den optischen Schaltern zugeführt sind, gesteuert.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Cross-Connectors ist darin zu sehen, dass keine Demultiplexierung im Sinne einer  
25 Verteilung des ursprünglichen Zeitmultiplex-Signals in mehrere Reihen von zu schaltenden Signalen niedriger Bitrate benötigt wird, da die Schaltung kanalindividuell erfolgt. Dieser Aspekt bedeutet eine erhebliche Senkung der Kosten sowie eine extrem hohe Schaltgeschwindigkeit beliebiger Kanäle. Eine weitere  
30 entsprechende aufwendige Multiplexierung der geschalteten Kanäle ist ebenso nicht mehr benötigt.

In vorteilhafter Weise wird die erfindungsgemäße Schaltung des Cross-Connectors mittels hochbitratiger Kontrollsignale mit  
35 modulierten Pulssequenzen gesteuert. Die Erzeugung dieser Kontrollsignale basiert auf einer Mehrzahl von herkömmlichen parallel geschalteten optischen Leitern, die optische Modu-

latores z. B. bei einer Grunddatenrate von  $F=10$  GBit/s sowie unterschiedliche optische Lichtwege aufweisen und deren Ausgänge optisch gekoppelt sind, derart dass eine resultierende Pulssequenz mit einer Bitrate von  $X$  mal 10 Gbit/s nach der Kopplung der optischen Leitern erzeugt wird. Eine derartige Vorrichtung zur Erzeugung von Kontrollsignalen beliebiger Hochbitrate kann als integriertes optisches Bauelement kostengünstig erstellt werden oder auf Fasern entsprechender Länge basiert sein. Dabei kann eine Vorrichtung vorgesehen sein, mit der die Pulssequenzen variiert werden können oder teilweise Teile der Sequenzen ausgeschaltet werden können.

Bei der Erfindung werden die Kontrollsignale maximal die Bitrate der Zeitmultiplex-Signale z. B. bei 160 GBit/s aufweisen, damit kanalindividuelle logische Operationen ohne Unterbrechung der Datenströme der dem Cross-Connector eingehenden  $N$  Zeitmultiplex-Signale getriggert werden.

Im allgemeinen weist der Cross-Connector mit  $N$  Eingängen und  $P$  Ausgängen  $N(P-1)$  optische Schalter und  $P(N-1)$  optische Kombinierer auf. Da Datenkanäle mit sehr hohen Bitraten geschaltet werden müssen, werden optische Schalter sowie Kombinierer verwendet, die auf optischen Mechanismen beruhen. Elektrische und mechanische Vorrichtungen sind dafür vorerst nicht vorgesehen, da sie viel zu langsam sind. Verwendbare Technologien sind z. B. Gewinn-Transparente Ultraschnelle Nichtlineare Interferometer (GT-UNI = Gain transparent - ultraspeed nonlinear interferometer) oder Schalter, die auf Vierwellenmischung (FWM = four wave mixing), Kreuzphasenmodulation (XPM = cross phase modulation) oder Kreuzgewinnmodulation (XGM = cross gain modulation) beruhen. Ebenfalls sind Takt- und Phasensynchronisationsmittel für den Cross-Connector erforderlich, die aber aus Klarheitsgründen für die vorliegende Erfindung nicht beschrieben werden. Durch die weitere schnelle Entwicklung der elektronischen Hochfrequenztechnik ist es vorstellbar, dass in wenigen Jahren auch elektronisch basierte Schalter für diese Cross-Connectoren eingesetzt werden können.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines einzelnen  
5 Kontrollsignals für die Steuerung mehrerer optischen Schalter, wenn eine gleiche Anzahl und Reihenfolge von zeitmultiplexierten Kanälen geschaltet werden soll.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand  
10 von Zeichnungen näher erläutert.

Dabei zeigen:

- 15 Fig. 1: ein erster Cross-Connector für zwei eingehende Zeitmultiplex-Signale mit unterschiedlicher Anzahl zeitmultiplexierter Signale,
- Fig. 2: ein zweiter Cross-Connector für zwei eingehende Zeitmultiplex-Signale zum direkten Überkreuzschalten der gleichen zeitmultiplexierten Kanäle,
- 20 Fig. 3: schematische Darstellung des ersten Cross-Connectors mit Vorrichtung zur zeitlichen Synchronisation der Zeitmultiplex-Signale
- Fig. 4: schematische Darstellung eines Cross-Connectors mit 4 Eingängen und 5 Ausgängen
- 25 Fig. 5: schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Erzeugen beliebiger Pulssequenzen von Kontrollsignalen

In Fig. 1 ist zur Verdeutlichung des Gegenstandes der Erfindung ein Ausführungsbeispiel angegeben, bei dem ein Cross-Connector  
30 und dessen wesentliche Merkmale für zwei eingehende Zeitmultiplex-Signale S1, S2 und zwei ausgehende Zeitmultiplex-Signale SS1, SS2 dargestellt ist. Dabei weisen die optischen Zeitmultiplex-Signale S1, S2 unterschiedliche Anzahlen H, K von zeitmultiplexierten Kanälen auf. Jeweils zu einem Eingang eines  
35 optischen Schalters OS1, OS2 mit einem nachgeschalteten optischen Kombinierer OK1, OK2 wird das Zeitmultiplex-Signal S1, S2 zugeführt. Am optischen Schalter OS1, OS2 wird die Schaltung

- d. h. Abzweigung oder Durchlassung - beliebiger Kanäle erfolgen. An dem ersten optischen Schalter OS1 wird eine erste Anzahl J von aus dem ersten optischen Signal S1 abgezweigten Kanälen AS1 zu dem zweiten optischen Kombiniierer OK2 geführt. Ebenfalls an dem  
5 zweiten optischen Schalter OS2 wird eine zweite Anzahl L von aus dem zweiten optischen Signal S1 abgezweigten Kanälen AS2 zu dem ersten optischen Kombiniierer OK1 geführt. Den optischen Schaltern OS1, OS2 sind zwei Kontrollsignale (KS1, KS2) zugeführt, deren Pulsequenz derart ausgebildet ist, dass innerhalb der  
10 Anzahl H, K der zeitmultiplexierten Kanäle jegliche gewünschte abzuzweigende Kanäle - z. B. AS1 oder AS2 - eines beider Zeitmultiplex-Signale - z. B. S1 bzw. S2 - selektiv gewählt wird und einem seinem optischen Schalter - hier OS1 bzw. OS2- nicht nachgeschalteten optischen Kombiniierer - d. h. hier OK2 bzw. OK1  
15 - zugeführt ist.

Wie bereits angegeben handelt es sich bei den hier verwendeten optischen Schaltern OS1, OS2 um rein-optisch getriggerte Schalter, die ein schnelles Schalten ermöglichen. In einer  
20 Ausführungsvariante wird ein GT-UNI zum Schalten verwendet. Das Abzweigen eines Eingangsdatensignals wird hier mittels eines optischen Kontrollpulses in einem Gewinn transparenten Halbleiterverstärker (engl. Semiconductor Optical amplifier, abgekürzt SOA) realisiert, nachdem das Eingangsdatensignal zuvor  
25 in zwei orthogonal zueinander polarisierte Impulse aufgeteilt wurde.

Die hier verwendeten optischen Kombiniierer OK1, OK2 weisen eine Detektionseinheit zur Ermittlung der Belegung eingehender  
30 zeitmultiplexierten Kanäle sowie Mittel zur gegenseitigen Zeitverschiebung bzw. Neuordnung und Hinzufügung von Kanälen auf, damit eine kollisionsfreie Zusammenfassung ihrer eingehenden Kanäle für die Erzeugung der ausgehenden Zeitmultiplex-Signale SS1, SS2 erfolgt.

35

Dem ersten optischen Schalter OS1 ist ein Zeitverzögerungsglied T vorgeschaltet, damit eine optionale relative Zeit- oder

Phasenverzögerung zwischen den zwei eingehenden Zeitmultiplex-Signalen S1, S2 bei einer eventuellen unerwünschten Verschiebung beispielsweise mittels eines Phasendetektors und -reglers PDR überprüft und korrekt eingestellt wird. Eine  
5 Kontrolleinheit CR ermittelt die eingestellte Zeitverzögerung der Zeitmultiplex-Signale S1, S2 und synchronisiert ebenfalls die Phase der hochbitratigen Kontrollsignale KS1, KS2 mit.

Je nachdem, welche Kanäle AS1, AS2 in den Zeitmultiplex-Signalen  
10 S1, S2 abgezweigt werden, werden die Pulssequenzen beider Kontrollsignale KS1, KS2 dementsprechend aufmoduliert. Ein „Eins“-Puls der Pulssequenz bedeutet z. B. an einem der optischen Schalter OS1, OS2 "Abzweigen", ein „Null“-Puls "Durchlassen". Zur Erzeugung zweier beliebiger Pulssequenzen für beide Sätze von  
15 abzuzweigenden Kanälen AS1, AS2 wird hier eine Pulsquelle PULS mit zwei parallel nachgeschalteten Datenpulssequenzerzeugern PULSTRAIN1, PULSTRAIN2 verwendet, deren Ausgangssignale die erwünschten Kontrollsignale KS1, KS2 sind. Dadurch wird die  
20 Betätigung der Abzweigung der Kanäle AS1, AS2 gleichzeitig und kanalindividuell in beiden eingehenden Zeitmultiplex-Signalen S1, S2 erfolgen. Die Einrichtungen zur Erzeugung und Steuerung der Kontrollpulse PULSTRAIN1, PULSTRAIN2 können zur zeitlichen Synchronisation auch mit dem Phasendetektor PDR verbunden  
werden.

25 Weisen zwei Zeitmultiplexsignale S1, S2 jeweils eine Gesamtzahl M von zeitmultiplexierten Kanälen auf, aus denen eine Anzahl H bzw. K von Kanälen in den optischen Schaltern OS1, OS2 durchgelassen werden, so sind die Kontrollsignale KS1, KS2 derart  
30 auszubilden, dass die erste Gesamtzahl H+J und die zweite Gesamtzahl K+L von den optischen Schaltern OS1, OS2 ausgehenden Kanälen kleiner oder gleich bleibt als die Gesamtzahl von Kanälen eines dem optischen Kombinerer OS1, OS2 ausgehenden Zeit-  
multiplex-Signals SS1, SS2.

35 Ferner wird in Fig. 2 der Spezialfall gemäß Figur 1 betrachtet, indem die Anzahl und die Reihenfolge der zu schaltenden Kanäle



AS1, AS2 gleich sind. In diesem Fall vereinfacht sich die Ausbildung beider Kontrollsignale KS1, KS2 derart, dass ihre Pulssequenzen gleich sind. Daher wird lediglich ein einzelner Datenpulssequenzerzeuger PULSTRAIN1 mit zwei gleichen Ausgangssignalen KS benötigt.

Figur 3 zeigt eine Erweiterung der Anordnung nach Fig. 1. Das Verzögerungsglied T dient nur zur Synchronisation der Zeitmultiplexsignale S1 und S2. Durch zwei weitere Verzögerungsglieder D1 und D2, die von zwei Steuereinrichtungen PULSTRAIN1-CON und PULSTRAIN2-CON gesteuert werden, die außerdem wie bisher Impulse für die abzuzweigenden Signale erzeugen, können diese Signale nunmehr individuell verzögert werden und dann in einen beliebigen freien Zeitschlitz des anderen Zeitmultiplexsignals eingefügt werden.

In Fig. 4 wird ein erfindungsgemäßer Cross-Connector mit 4 Eingängen und 5 Ausgängen schematisch dargestellt. Der Cross-Connector lässt sich auf eine beliebige Anzahl N von Eingängen und P von Ausgängen erweitern. An jedem Eingang des Cross-Connectors, d. h. am jedem Eingang eines ersten optischen Schalter OS(i, 1) - mit i ganzzahlig und  $0 < i \leq 4$  - von seriell geschalteten Reihen von weiteren optischen Schalter OS(i, j) - mit j ganzzahlig und  $0 < j \leq 4$  - ist ein Zeitmultiplex-Signal abgegeben. Insgesamt vier Zeitmultiplex-Signale werden über eine Reihe von vier (oder P-1 bei P Ausgängen) optischen Schaltern durchgehen, z. B. für das erste Zeitmultiplex-Signal über die optischen Schalter OS(1,1), OS(1,2), OS(1,3), OS(1,4). An die optischen Schalter OS(i, j) sind gemäß Figur 1 oder 2 optische Kombinierer OK(x, y) - hier x, y ganzzahlig und  $0 < x \leq 5$ ,  $0 < y \leq 3$  - nachgeschaltet, derart dass den Ausgängen der vier bzw. (P-1) optischen Schalter OS(1,4), OS(2,4), OS(3,5), OS(4,4) drei bzw. N-1 seriell geschaltete optische Kombinierer {OK(1,1), OK(1,2), OK(1,3)} bzw. {OK(2,1), OK(2,2), OK(2,3)} bzw. {OK(3,1), OK(3,2), OK(3,3)} bzw. {OK(4,1), OK(4,2), OK(4,3)} folgen. Eine weitere Reihe von drei bzw. N-1 seriell geschalteten optischen Kombinierern {OK(5,1), OK(5,2), OK(5,3)} ist ebenfalls z. B. an einen der Ausgänge des

optischen Schalters OS(4,4) geschaltet. Aus Ersichtlichkeitsgründen wurden nicht alle Verbindungen zwischen Ausgängen aller optischen Schalter OS(i,j) mit den optischen Kombinierern OK(x,y) dargestellt, aber die Zahlenpaare in kursiven Klammern in den Bauelementen geben an, mit welchen optischen Kombinierern OK(x,y) einer der Ausgänge eines optischen Schalters OS(i,j) verbunden ist. Die Ausgänge der optischen Kombinierer OK(1,3), OK(2,3), OK(3,3), OK(4,3), OK(5,3) bilden die 5 bzw. P Ausgänge des Cross-Connectors.

Figur 5 zeigt schematisch eine Anordnung zur Erzeugung einer beliebigen Sequenz von Kontrollsignalen, wie sie zum Abzweigen bzw. Einfügen einzelner Kanäle benötigt werden. Bei den Kontrollsignalen handelt es sich um optische Impulse, die auf den Takt der Datensignale i.e. der OTDM-Datenrate (hier G) synchronisiert sind und deren Impulsdauer annähernd einer Bitdauer entspricht.

Ein in einer Laserquelle erzeugter optischer Impuls OI mit einer Repetitionsrate, die der Grunddatenrate (hier F) entspricht, wird am Eingang der erfindungsgemäßen Anordnung durch einen Splitter S in N Teilimpulse TI1 bis TIN aufgeteilt. Bei der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsvariante beträgt N = 4. Die einzelnen Teilimpulse TI1 bis TI4 durchlaufen unterschiedliche Weglängen, die derart gewählt sind, dass sich die Laufzeit jedes optischen Teilimpulses jeweils um ein ganzzahliges Vielfaches einer Bitdauer der OTDM-Datenrate unterscheidet. Die unterschiedlichen Laufzeiten werden mittels Verzögerungseinheiten T eingestellt. Am Ausgang werden die derart zeitlich versetzten Teilimpulse TI1 bis TI4 mittels eines Kombinierers K zu einer Pulssequenz OPS zusammengefasst, bei der pro Zeitschlitz ein Teilimpuls vorhanden ist. Ein Kontrollsignal beinhaltet genau einen derart erzeugten Teil- bzw. Einzelimpuls.

Die erfindungsgemäße Anordnung kann beispielsweise aus einer monolithisch integrierten oder diskret aufgebauten Wellenleiterstruktur bestehen.

Eine beliebige Pulssequenz der Kontrollsignale aus „Eins“-Pulsen und „Null“-Pulsen, wie sie zum Abzweigen bzw. Einfügen einzelner Kanäle benötigt wird, wird durch Einfügen optischer Schalter innerhalb der Weglängen der Teilimpulse TI1 bis TI4 erzeugt. In  
5 monolithisch integrierten Wellenleiterstrukturen kann ein solcher Schalter beispielsweise als Mach-Zehnder-Anordnung (MZI) realisiert werden. In Fig. 5 ist als Ausführungsvariante ein solcher Aufbau gezeigt. Der Teilimpuls TI1 wird einem ersten Koppler K1 zugeführt und in zwei weitere Teilimpulse aufgespalten.  
10 Einer dieser Teilimpulse erfährt eine Phasenverschiebung, indem durch Heizen im Heizelement H1 die optische Weglänge des einen Interferometerarms variiert wird. Je nach Phasenverschiebung wird einer der Teilimpulse über den Koppler K2 zum Kombinierer K am Ausgang der Gesamtanordnung durchgeschaltet. Photodioden  
15 (PD1, PD2...) an den „offenen“ Ausgängen der Mach-Zehnder-Anordnung dienen dazu, die korrekte Ansteuerung der Heizelemente vorzunehmen. Soll eine „Eins“ erzeugt werden, d.h. wenn der entsprechende Kanal abgezweigt werden soll, wird das Heizelement so geregelt, dass keine Intensität an der Photodiode  
20 anliegt und ein Teilimpuls als Kontrollsignal weitergeleitet wird. Andernfalls wird auf maximale Intensität an der Photodiode geregelt. Die in Fig. 5 gezeigte Anordnung ist beispielhaft für ein 4x40 Gbit/s OTDM-System konfiguriert. Dies bedeutet, dass bei einer Gesamtdatenrate von 160 Gbit/s die Verzögerungen der  
25 Teilimpulse TI1 bis TI4 in den jeweils zugehörigen Wellenleitern 6,25 ps beträgt. Bei einem Brechungsindex der Wellenleiter von etwa 1,5 entspricht dies Längendifferenzen von etwa 1,25 mm. Es ist auch möglich, das Kontrollsignal derart zu erzeugen, dass die Anzahl N der Teilimpulse genau der Anzahl M der Kanäle des  
30 Zeitmultiplex-Signals entspricht, um damit eine volle Flexibilität bei der Anzahl der zu schaltenden Kanäle zu erreichen.

## Patentansprüche

1. Cross-Connector für optische Signale (S1, S2, ...), der N  
5 Eingänge und P Ausgänge (N>1, P>1) aufweist,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die optischen Signale (S1, S2, ...) zeitmultiplexierte  
Kanäle aufweisen und jeweils zu einem optischen Schalter (OS1,  
OS2, ...) mit einem nachgeschalteten optischen Kombinerer (OK1,  
10 OK2, ...) zugeführt sind,  
dass an dem ersten optischen Schalter (OS1) eine erste Anzahl (J)  
von aus dem ersten optischen Signal (S1) abgezweigten Kanälen  
(AS1) zu dem zweiten optischen Kombinerer (OK2) geführt ist und  
dass an dem zweiten optischen Schalter (OS2) eine zweite Anzahl  
15 (L) von aus dem zweiten optischen Signal (S2) abgezweigten  
Kanälen (AS2) zu dem ersten optischen Kombinerer (OK1) geführt  
ist, und  
dass die optischen Schalter (OS1, OS2) von optischen Kon-  
trollsignalen (KS1, KS2) gesteuert werden.
- 20
2. Cross-Connector nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die optischen Kombinerer (OK1, OK2) eine Detektionseinheit  
zur Ermittlung der Belegung eingehender zeitmultiplexierter  
25 Kanäle sowie Mittel zur gegenseitigen Zeitverschiebung bzw.  
Neuzuordnung von Kanälen aufweisen.
3. Cross-Connector nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 dass zwischen den optischen Schaltern (OS1, OS2) und den op-  
tischen Kombinerern (OK1, OK2) Verzögerungsglieder (D1, D2)  
angeordnet sind, die mit einer Steuerreinrichtung  
(PULSTRAIN1-CON, PULSTRAIN2-CON) verbunden sind, und eine  
zeitliche Synchronisation der Zeitmultiplex-Signale erlauben.
- 35
4. Cross-Connector nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

dass das Hinzufügen bzw. Abzweigen von Kanälen in dem nicht demultiplexierten Zeitmultiplex-Signal mittels einer Sequenz aus Impulsen als Kontrollsignale (KS1, KS2) gesteuert wird.

5 5. Cross-Connector nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Kontrollsignale (KS1, KS2) als Ausgangssignale min-  
destens einer Pulsquelle (PULS) Pulssequenzen aufweisen, deren  
maximale Bitrate die Bitrate der Zeitmultiplex-Signale (S1, S2)  
10 beträgt.

6. Cross-Connector nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Erzeugung von Kontrollsignalen ein Splitter (S)  
15 vorgesehen ist, der ein Impulssignal (OI), das eine Grundda-  
tenrate des Zeitmultiplexsignals aufweist, in mehrere Teil-  
impulse (TI1, TI2...) aufteilt, dass mehreren Laufzeitgliedern  
(T) jeweils einer der Teilimpulse (TI1, TI2...) zugeführt wird,  
dass die Laufzeitglieder (T) unterschiedliche Laufzeiten von  
20 einem ganzzahligen Vielfachen einer Bitdauer aufweisen,  
dass in Reihe mit jedem Laufzeitglied (T) ein optischer Schalter  
(MZI) angeordnet ist,  
dass den optischen Schaltern (MZI1, MZI2...) ein Kombinierer (K)  
nachgeschaltet ist, der die verzögerten Teilimpulse (TI1,  
25 TI2...) zu Kontrollsignalen (KS1, KS2) zusammenfasst.

7. Anordnung nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als optische Schalter (MZI1, MZI2...)  
30 Mach-Zehnder-Anordnungen in Kombination mit Photodioden vor-  
gesehen sind, sodass als kanalbezogene Operationen ein Hin-  
zufügen, eine Abzweigung oder eine Zeitverschiebung von Daten  
eines der zeitmultiplexierten Kanäle des Zeitmultiplex-Signals  
durchgeführt werden.

35

1/4

FIG 1

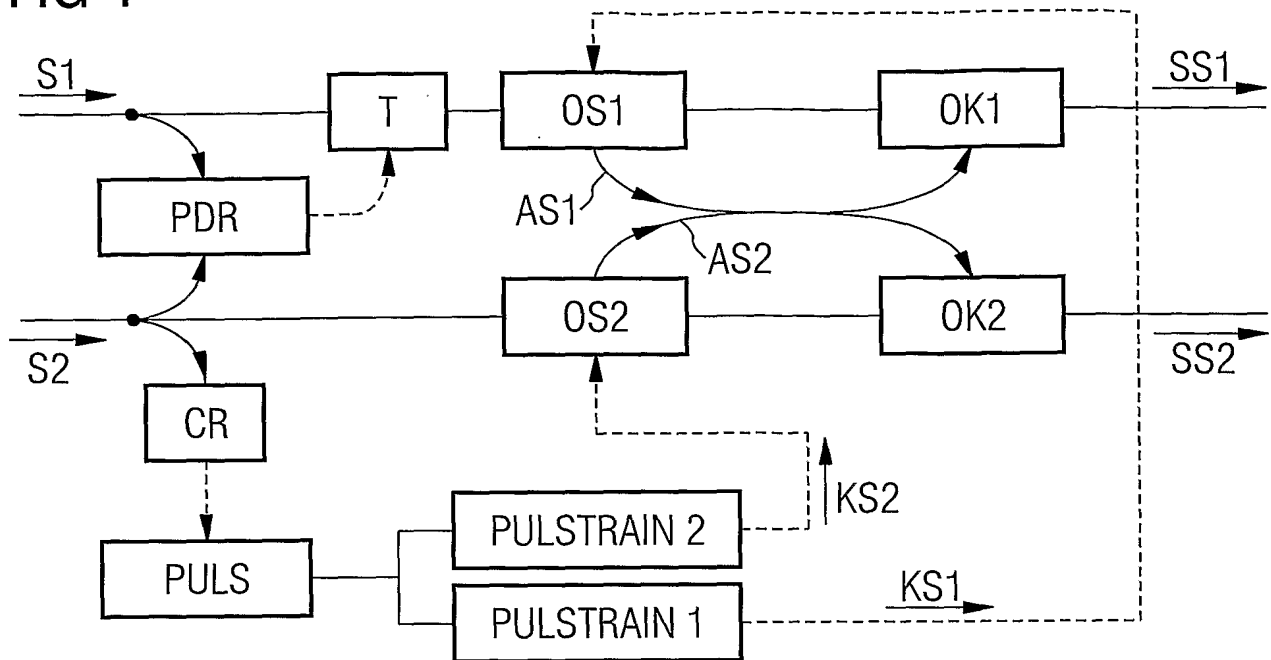
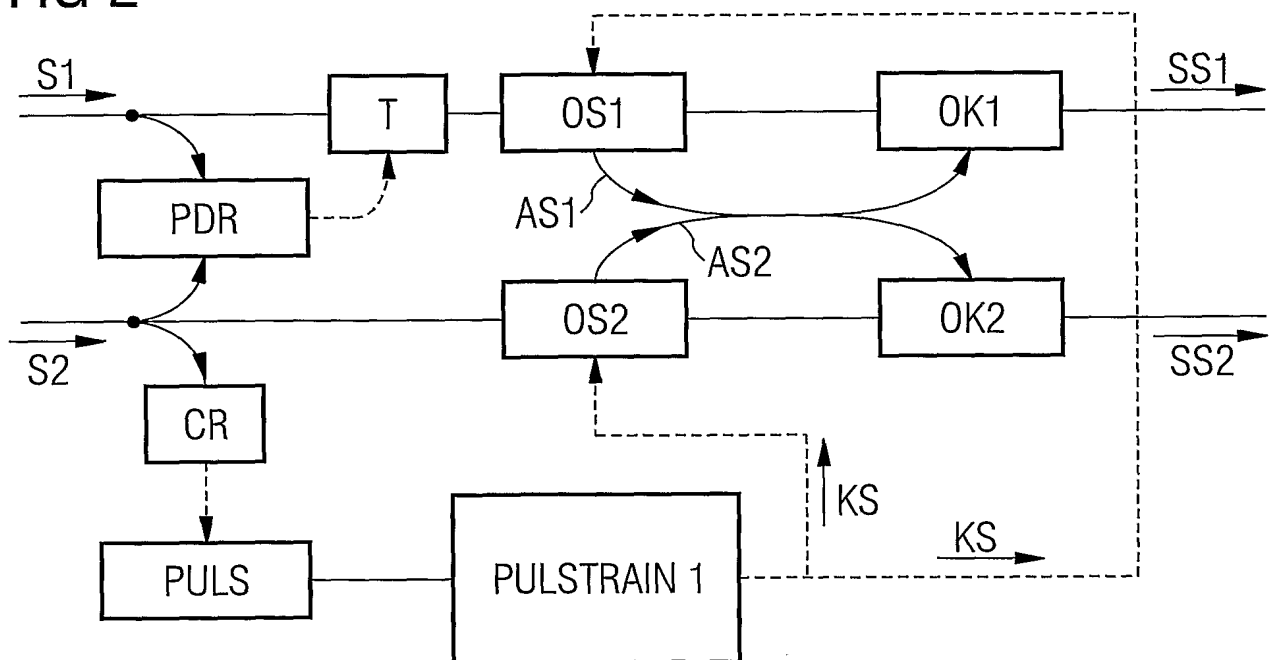
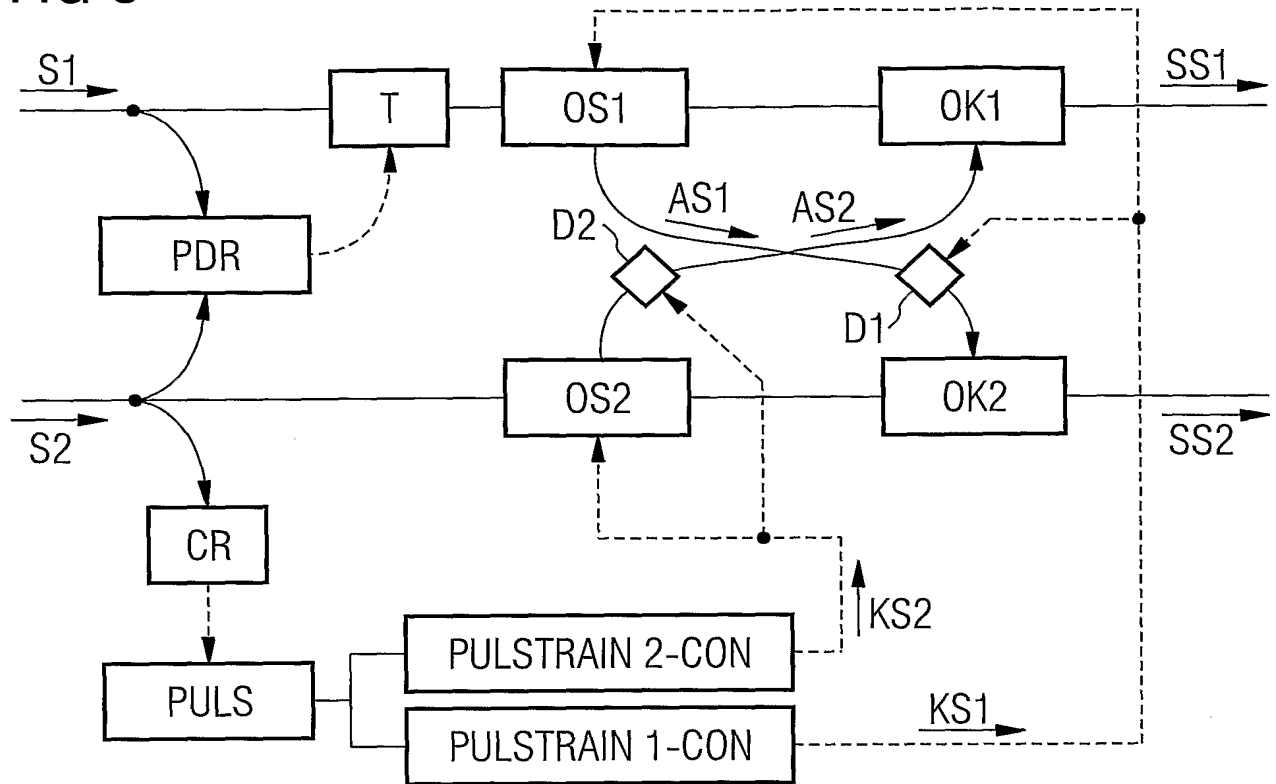


FIG 2



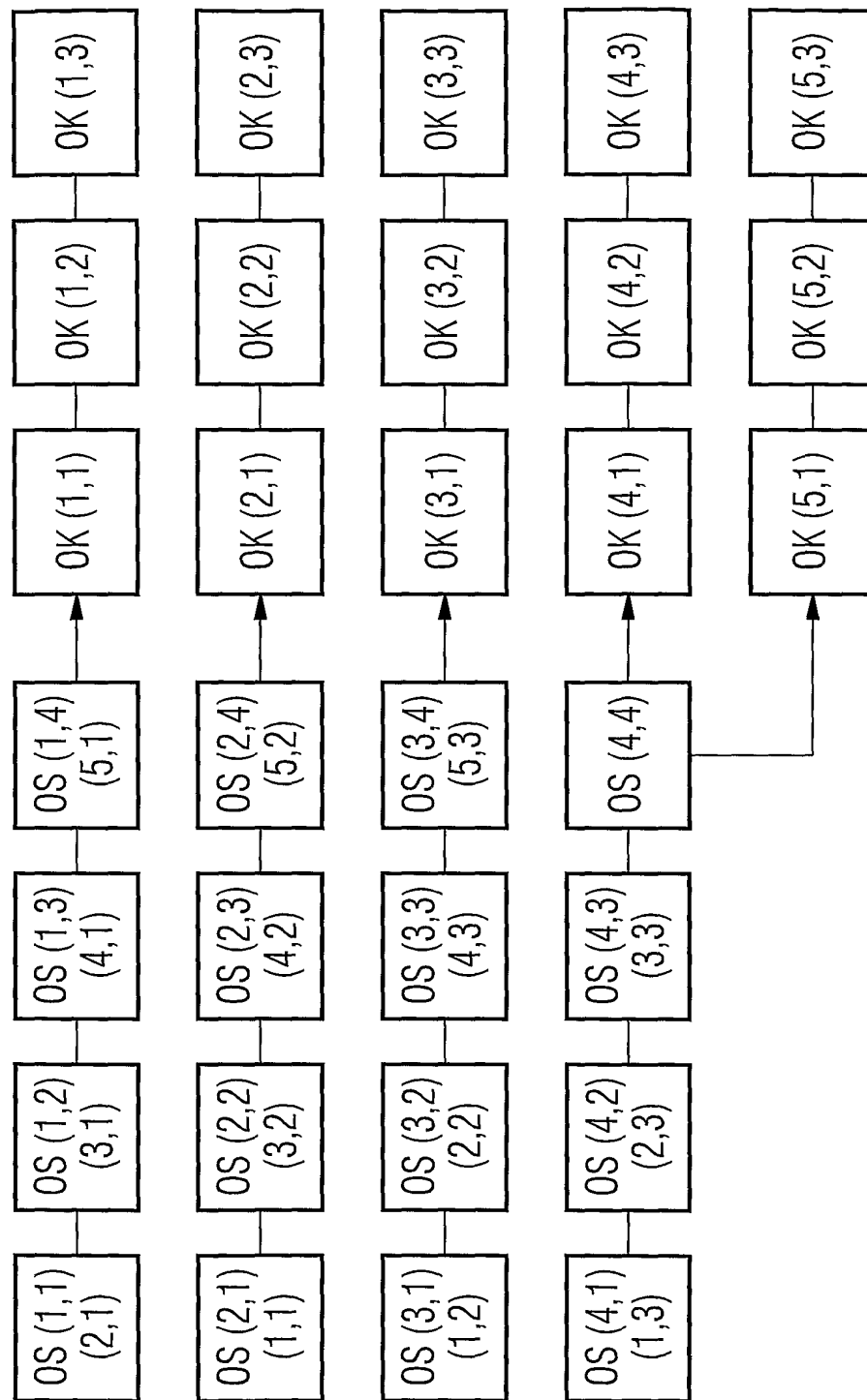
2/4

FIG 3



3/4

FIG 4





4/4

FIG 5

